

# 1 Meten optische activiteit van een sacharose-oplossing

## Plaats in de leerplannen

VVKSO leerplan derde graad ASO – Chemie LICAP – Brussel D/2006/0279/040:

### 4.5.2 Biopolymeren

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
De leerlingen kunnen: <b>70</b> polyfunctionele organische verbindingen interpreteren als afgeleid van KWS waarbij meer dan één H-atom vervangen is door gelijke of verschillende karakteristieke groepen <b>71</b> de basisstructuren van lipiden, sachariden en proteïnen verduidelijken en visualiseren <b>72</b> het verband tussen de molecuulstructuur van lipiden, sachariden en proteïnen en hun belangrijkste chemische en fysische eigenschappen illustreren (SET3).	De lipiden De sachariden De proteïnen

## DIDACTISCHE WENKEN

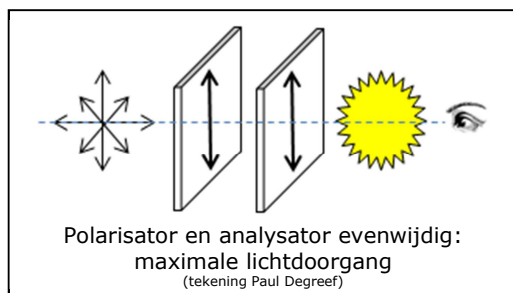
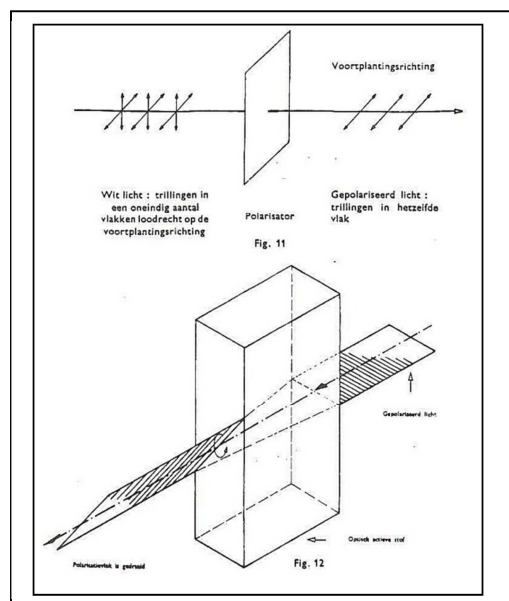
### Wenken

- Optische isomerie kan occasioneel worden opgefrist bij de kennismaking met de structuur van de sachariden. Dit kan echter beperkt blijven tot het aanduiden van een verband tussen het aantal asymmetrische koolstofatomen en het aantal optische isomeren. De betekenis van bijvoorbeeld  $\alpha$ -D-glucose en  $\beta$ -D-glucose behoort niet tot de basisleerstof.

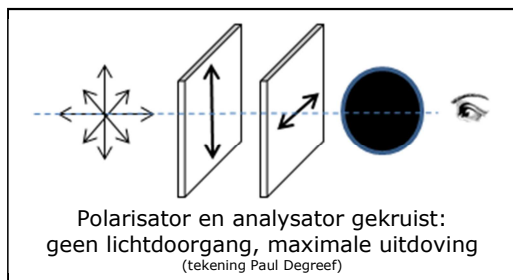
## 1.1 Oriënteren

### Achtergrondinformatie 1

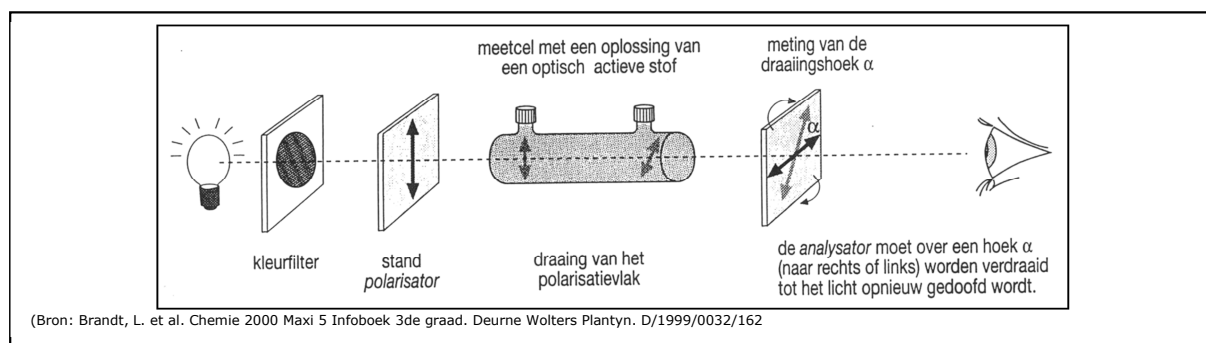
**Wit licht** bestaat uit trillingen gelegen in een oneindig aantal vlakken die loodrecht staan op de voortplantingsrichting (zie figuur hiernaast). Het is mogelijk dergelijk licht zo om te vormen dat het nog enkel bestaat uit trillingen die in één vlak gelegen zijn. Men spreekt dan van **gepolariseerd licht**. Het trillingsvlak duiden we aan als het **polarisatievlak**. Gepolariseerd licht kan verkregen worden door wit licht doorheen een filter, de '**polarisator**' te sturen. Het polarisatievlak kan 'onderzocht' worden door het gepolariseerd licht doorheen een tweede filter, de '**analysator**', te leiden. Indien de beide filters in evenwijdige stand zijn, kan het gepolariseerd licht ongehinderd de analysator passeren.



Indien beide filters in gekruiste stand staan, kan het gepolariseerde licht de analysator niet meer passeren en is er volledige, maximale uitdoving.



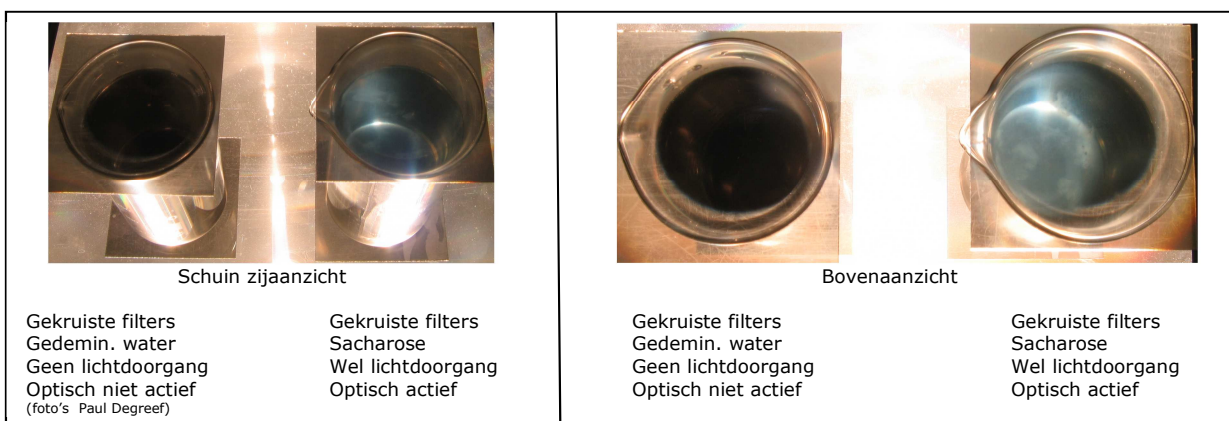
Zendt men door sommige stoffen een bundel gepolariseerd licht dan stelt men vast dat na doorgang van de lichtbundel, het polarisatievlak over een bepaalde hoek (de draaiingshoek  $\alpha$ ) wordt gedraaid, hetzij naar links, hetzij naar rechts. Stoffen die deze eigenschappen bezitten noemt men **optisch actieve** stoffen (zie figuur hieronder 2).



In de opstelling weergegeven in de foto's hieronder staan polarisator en analysator in gekruiste stand. De linkse beker is gevuld met gedemineraliseerd water en de rechtse beker bevat een geconcentreerde sacharose-oplossing.

Duidelijk is dat er maximale uitdoving blijft in de linkse beker: gedemineraliseerd water is niet optisch actief.

Doorheen het systeem in de rechtse beker is er wel lichtdoorgang: de opgeloste sacharosemoleculen draaien het gepolariseerde licht over een bepaalde hoek. Sacharose is optisch actief!



Is een stof optisch actief dan bestaan hiervan steeds twee vormen waarvan de ene het polarisatievlak naar links en de andere dit vlak naar rechts draait. Naargelang deze mogelijkheden onderscheidt men de linksdraaiende L-vorm en de rechtsdraaiende D-vorm.

Vastgesteld werd dat organische verbindingen optisch actief zijn indien ze een **asymmetrisch koolstofatoom** bezitten. Een asymmetrisch koolstofatoom is een koolstofatoom dat omringd is door vier verschillende atomen of atoomgroepen. De aanwezigheid van dit asymmetrisch koolstofatoom levert, ruimtelijk gezien, twee verschillende structuren op die elkaars spiegelbeeld zijn en dus nooit kunnen samenvallen.

Chemisch gezien zijn de twee vormen identiek, enkel hun optische activiteit is tegengesteld. Het zijn **optische isomeren** of **optische antipoden**. Omdat ze ruimtelijk spiegelbeelden zijn van elkaar zoals de linkerhand t.o.v. de rechterhand noemt men ze ook **chirale isomeren**. De fysische eigenschappen verschillen eveneens slechts weinig ten gevolge van hun analoog bouwpatroon. De verschillende ruimtelijke structuur is daarentegen erg belangrijk in de levende natuur, waar vaak slechts één bepaald stereo-isomeer biologisch actief is.

Algemeen geldt dat het **aantal optische isomeren** =  $2^n$  met  $n$  = het aantal asymmetrische C-atomen in de molecule. Bij synthese van een optisch actieve stof blijkt het reactieproduct meestal optisch inactief te zijn. Dit is te verklaren door het feit dat de kans om de ene of de andere vorm bij de bereiding te bekomen even groot is. Het optisch inactieve mengsel dat 50% van beide vormen bevat noemt men een **racemisch mengsel**.

De **specifieke rotatie**  $[\alpha]_D^{20}$  is een stoffeigenschap van een chemische verbinding die optisch actief is. Deze stoffeigenschap is gedefinieerd als de hoek  $\alpha$  waarover het polarisatievlak van het gepolariseerd licht gedraaid wordt, wanneer er licht, met een golflengte van 589 nanometer (de gele D-lijn van natrium), door een oplossing, van 1 gram per milliliter, van deze stof, over een afstand van 0,1 meter, valt. Omdat de specifieke rotatie ook afhankelijk is van de temperatuur, moet aangegeven worden bij welke temperatuur de specifieke rotatie is bepaald, bvb. 20 °C. Ook moet het oplosmiddel aangegeven worden, maar ingeval water het oplosmiddel is wordt dit meestal weggelaten.

De **eenheid** van de specifieke rotatie  $[\alpha]_D$  is  $^{\circ}.\text{ml.g}^{-1}.\text{dm}^{-1}$  bij 20 °C, maar meestal wordt alleen de graad geschreven. Een negatieve waarde van  $[\alpha]_D$  betekent een linksdraaiende rotatie en een positieve waarde rechtsdraaiende rotatie.

Het verband tussen de **gemeten draaiingshoek**  $\alpha$  (graden) in een polarimeter en de specifieke draaiing of rotatie  $[\alpha]_D^{20}$  wordt gegeven door de formule

$$\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$$

Door het meten van de draaiingshoek  $\alpha$  kan de **massaconcentratie** (in  $\text{g.ml}^{-1}$ ) van een oplossing van een optisch actieve stof berekend worden met de formule

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^{20} \cdot l}$$

#### Samenvatting

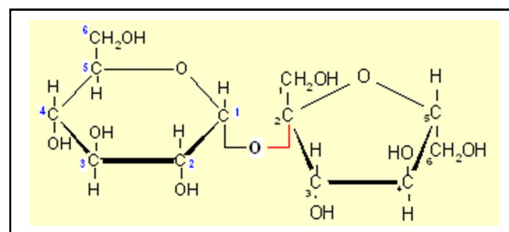
$\alpha$  gemeten draaiingshoek (graden)  
 $[\alpha]_D^{20}$  specifieke draaiing ( $^{\circ}.\text{ml.g}^{-1}.\text{dm}^{-1}$  bij 20 °C)  
 gemeten met Natriumlicht [D-lijn = 589 nm])  
 $l$  lengte cuvet (dm) in de polarimeter  
 $c$  massaconcentratie ( $\text{g.ml}^{-1}$ )

$$\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$$

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^{20} \cdot l}$$

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{c \cdot l}$$

De molecule van het disaccharide **sacharose** (= sucrose, bietsuiker)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  bevat asymmetrische C-atomen. Sacharose is dus een optisch actieve stof met een specifieke rotatie van  $+66,47^{\circ}$ .



3 Wikipedia. Specifieke rotatie. [http://nl.wikipedia.org/wiki/Specifieke\\_rotatie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Specifieke_rotatie)

### Probleemstelling en onderzoeksvragen

1. Hoe kan eenvoudig nagegaan worden of een stof optisch actief is?
2. Hoe kan eenvoudig bepaald worden of een stof links- of rechtsdraaiend is?
3. Hoe kan de specifieke draaiing bepaald worden?

## 1.2 Voorbereiden

### Hypothese – onderzoeksvoorstel

#### 1. Onderzoeksvraag 1:

Tussen twee gekruiste polarisatiefilters in een beker een oplossing van de te onderzoeken stof plaatsen en nagaan of de uitdoving nog maximaal is ofwel of er lichtdoorgang is. Indien lichtdoorgang is de opgeloste stof optisch actief.

#### 2. Onderzoeksvraag 2:

Door draaiing van de 'analysator' in wijzerzin (naar rechts) of in tegenwijzerzin (naar links) tot opnieuw maximale uitdoving kan bepaald worden of de optisch actieve stof rechts (+) of linksdraaiend (-) is.

#### 3. Onderzoeksvraag 3:

De opstelling met een gradenboog zo construeren dat de draaiingshoek bij nieuwe maximale uitdoving kan afgelezen worden. Met de formule  $[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{c \cdot l}$  kan dan de specifieke draaiing berekend worden.

### Benodigdheden

-

Verbinding	Gevaarsymbool	H-zinnen	P-zinnen	WGK
D-(+)-Sacharose	/	/	/	0

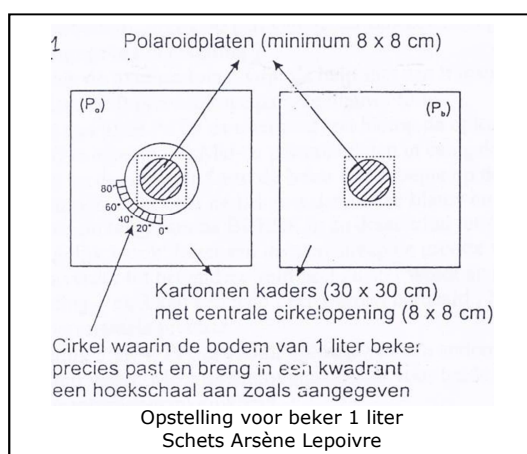
#### 1. Onderzoeksvragen 1 en 2:

- Twee vierkante polarisatiefilters (7 cm x 7 cm)
- 2 bekertjes 250 ml
- Overheadprojector
- Gedemineraliseerd water
- Sacharose-oplossing

#### 2. Onderzoeksvraag 3:

- 1 beker 250 ml ( $\varnothing$  6 cm, hoogte 12 cm)
- Twee vierkante polarisatiefilters (7 cm x 7 cm)
- Gele plastic folie
- Overheadprojector
- 2 kartonnen kaders ter grootte van het glazen werkblad van de overheadprojector.  
Knip in het midden van iedere kader een ronde schijf uit met een diameter die iets kleiner is dan de diameter van de beker. Merk ieder karton met respectievelijk 'boven' en 'onder' en kies een referentiehoek (bv. rechts beneden).  
Kleef, met bv. tape, de polaroidplaten over die cirkelvormige openingen. Zorg dat deze filters exact in gekruiste stand staan! Gebruik hiertoe de referentiehoeken op de kartonnen platen.  
Knip het sjabloon 'gradenboog' uit.  
Zet de beker op de opening van de onderste plaat ( $P_o$ ) en plak de gradenboog op het karton rond de beker. Trek een merkstreep op het karton vanuit het nulpunt van de gradenboog loodrecht op de tegenoverstaande rand van het onderste karton.  
Kleef op het onderste karton rond de beker een aantal stukjes tochtstrip om te vermijden dat de beker bij het draaien van plaats zou verschuiven.  
Zet de beker met de opening op de onderkant van de bovenste plaat ( $P_b$ ) en kleef dan weer een aantal tochtstripjes helemaal rond de beker op de plaat, zodat de beker mooi komt vast te zitten op de plaat en deze niet kan verschuiven.  
Trek een verticale merkstreep op de beker.  
Kleef een papieren 'meetlatje' (zie sjabloon) op de beker, zodat de weglengte / gemakkelijk kan afgelezen worden. Zorg ervoor dat het onderste deel bij draaiing niet zal raken aan de stukjes tochtstrip op het onderste karton.  
Snij de rechter bovenhoek van het bovenste karton af, zodat het bij draaiing niet tegen de zuil met spiegel van de overheadprojector komt.

Zie foto's en schetsen ter verduidelijking



### 1.3 Uitvoeren

Gegevens verzamelen - waarneming

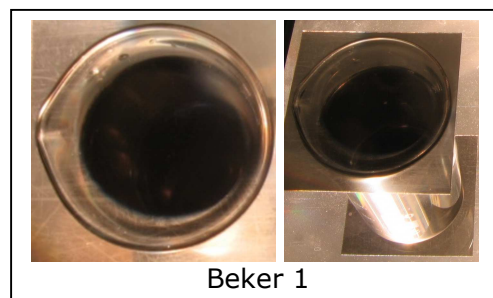
#### Onderzoeksvraag 1:

**Hoe kan eenvoudig nagegaan worden of een stof optisch actief is?**

#### Beker 1:

##### Werkwijze

- breng 200 ml gedemineraliseerd water in beker 1.
- plaats een polarisatiefilter onder de beker en de tweede polarisatiefilter in gekruiste stand t.o.v. de eerste op de beker.
- de opstelling kan gemaakt worden op het glazen werkblad van een overheadprojector.
- kijk van bovenuit in de opstelling



##### Waarneming

- Maximale uitdoving (zoals bij gekruiste polarisatiefilters op elkaar) blijft bestaan.



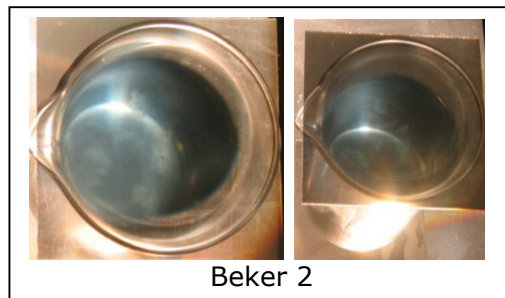
### Beker 2:

#### Werkwijze

- breng 200 ml geconcentreerde sacharose-oplossing in beker 2.
- plaats een polarisatiefilter onder de beker en de tweede polarisatiefilter in gekruiste stand t.o.v. de eerste op de beker.
- de opstelling kan gemaakt worden op het glazen werkblad van een overheadprojector.
- kijk van bovenuit in de opstelling.

#### Waarneming

- Er is nu geen maximale uitdoving meer. Het gepolariseerd licht passeert gedeeltelijk doorheen de sacharose-oplossing.



Beker 2

### Onderzoeksvraag 2:

#### Hoe kan eenvoudig bepaald worden of een stof links- of rechtsdraaiend is?

#### Werkwijze

- Dit onderzoek kan gevoerd worden met de sacharose-oplossing in beker 2
- Laat de polarisator in zijn oorspronkelijke stand en draai met de analysator naar rechts (in wijzerzin) of naar links (in tegenwijzerzin) tot er opnieuw maximale uitdoving is.

#### Waarneming

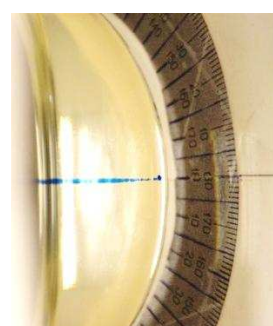
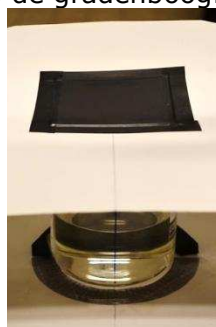
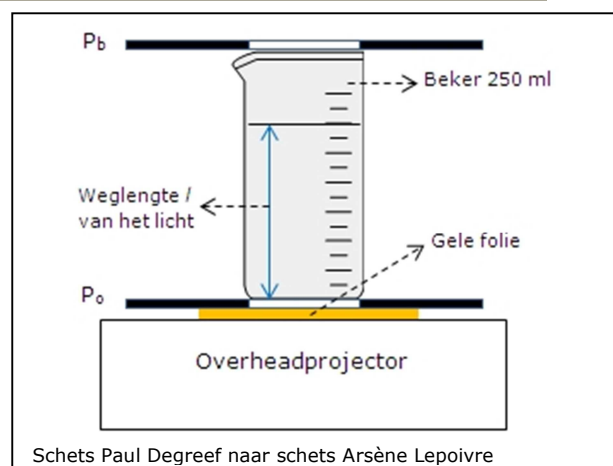
- Er ontstaat terug maximale uitdoving door draaiing van de polarisator naar rechts.

### Onderzoeksvraag 3:

#### Hoe kan de specifieke draaiing bepaald worden?

#### Werkwijze

- Maak een oplossing van 500 g sacharose in 500 ml water. Hierdoor wordt ongeveer 800 ml sacharose-oplossing verkregen.
- Vul de beker met voldoende oplossing zodat de weglengte / ongeveer 1 dm is. Lees deze weglengte exact af op het meetlatje.
- Maak een opstelling zoals beschreven in "1.2 Voorbereiden 2. Onderzoeksvraag 3".
  - Plaats een gele folie (cfr. het gele licht van de D-lijn van Natrium 589 nm) op het glazen werkblad van de overheadprojector.
  - Zet hierop het onderste karton ( $P_0$ ) met de polarisator.
  - Plaats hierop de beker met de sacharoseoplossing. Zet de merkstreep op de beker exact tegenover het nulpunt op de gradenboog.



- Plaats op de beker het karton met de analysator (loodrecht op de polarisator), zodat de beker goed vastzit tussen de stukjes geplakte tochtstrip.
- Verduister het lokaal en observeer het geprojecteerd beeld.
- Draai de beker met de analysator naar rechts tot terug maximale uitdoving.
- Lees de hoek af waarbij terug maximale uitdoving verkregen wordt.

### Waarneming

- De concentratie  $c = \frac{500 \text{ g}}{800 \text{ ml}} = 0,625 \text{ g.ml}^{-1}$
- Bij een weglengte van 1,05 dm werd maximale uitdoving verkregen onder draaiing van een hoek van  $40^\circ$ .

## 1.4 Rapporteren – reflecteren

Gegevens verwerken – conclusie en verklaring

### Onderzoeksvraag 1

#### Beker 1:

##### Conclusie

Gedemineraliseerd water vertoont geen optische activiteit

##### Verklaring

De molecule water  $\text{H}_2\text{O}$  bevat geen asymmetrische C-atomen en is dus niet optisch actief

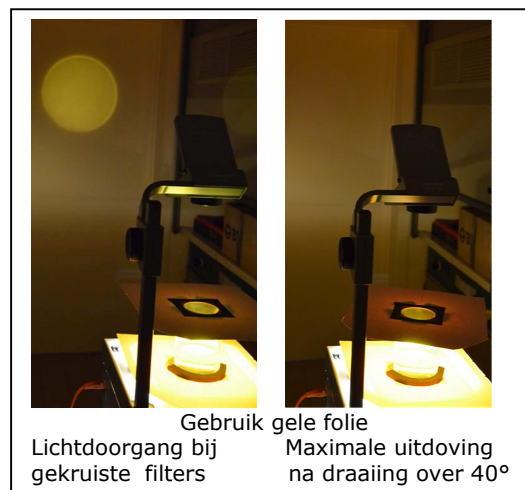
#### Beker 2:

##### Conclusie

Een sacharose oplossing vertoont optische activiteit

##### Verklaring

De molecule van sacharose  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  bevat asymmetrische C-atomen en is dus optisch actief



### Onderzoeksvraag 2

##### Conclusie:

De oplossing van sacharose is rechtsdraaiend.

### Onderzoeksvraag 3

##### Conclusie:

De meetgegevens worden ingevoerd in de formule voor de berekening van de specifieke draaiing:

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{c \cdot l} = \frac{40^\circ}{0,625 \text{ g.ml}^{-1} \cdot 1,05 \text{ dm}} = 61^\circ \cdot \text{ml.g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$$

##### Verklaring

Deze waarde ligt in de buurt van de tabelwaarden.

De afwijking is te wijten aan meetfouten.

## 1.5 Tips voor verder onderzoek

- **Onderzoeksvraag 4:** Hoe kan de **concentratie** van een oplossing van een optisch actieve stof bepaald worden? Wat is de **invloed van de concentratie op de draaiingshoek**?

Wanneer de optisch actieve stof en dus ook haar specifieke draaiing  $[\alpha]_D^{20}$  gekend is, kan met behulp van de gemeten draaiingshoek  $\alpha$  de concentratie  $c$  van de optisch actieve oplossing berekend worden met de formule  $c = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^{20} \cdot l}$ .

Wanneer de concentratie van een oorspronkelijke oplossing door verdunning met water gehalveerd wordt, zal, met gelijk gebleven weglengte  $l$ , de gemeten draaiingshoek  $\alpha$  ook gehalveerd zijn.

#### Werkwijze

- Verdun de oorspronkelijke sacharose-oplossing tweemaal: neem 400 ml oorspronkelijke oplossing en voeg 400 ml water toe.
- Meet terug de hoek waarbij maximale uitdoving optreedt.

#### Waarneming

- Bij een weglengte van 1,05 dm werd maximale uitdoving verkregen onder draaiing van een hoek van **20°**.

#### Verklaring

- Vermits de concentratie nu gehalveerd is en dus  $0,625/2 \text{ g.ml}^{-1} = 0,3125 \text{ g.ml}^{-1}$  bedraagt, moet volgens de formule  $\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$  de draaiingshoek nu de helft bedragen:  
 $\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c = 61^\circ \cdot 1,05 \text{ dm} \cdot 0,3125 \text{ g.ml}^{-1} = 20^\circ$ .
- Deze waarde werd ook experimenteel vastgesteld.
- Omgekeerd kan dus ook, zoals boven gesteld, de concentratie berekend worden met behulp van de afgelezen draaiingshoek.

- 
- **Onderzoeksvraag 5:** Hoe kan de invloed van de **weglengte** van het gepolariseerd licht doorheen de oplossing van de optisch actieve stof bepaald worden?

Wanneer in de beker slechts de helft van de hoeveelheid oplossing gebracht wordt, is de weglengte  $l$  ook gehalveerd en zal de gemeten draaiingshoek  $\alpha$  volgens de formule  $\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$  ook de helft zijn van de oorspronkelijk gemeten draaiingshoek.

#### Werkwijze

- Neem de helft van de oorspronkelijke sacharose-oplossing.
- Bepaal de weglengte  $l$ .
- Meet terug de hoek waarbij maximale uitdoving optreedt.

#### Waarneming

- Bij een weglengte van 0,525 dm werd maximale uitdoving verkregen onder draaiing van een hoek van **20°**.
- 

#### Verklaring

- Vermits de weglengte nu gehalveerd is en dus 0,525 dm bedraagt, moet volgens de formule  $\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$  de draaiingshoek nu de helft bedragen:  
 $\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c = 61^\circ \cdot 0,525 \text{ dm} \cdot 0,625 \text{ g.ml}^{-1} = 20^\circ$ .
- Deze waarde werd ook experimenteel vastgesteld.

- 
- **Onderzoeksvraag 6:** Hoe kan de **aard van de optische actieve stof** bepaald worden?

Wanneer de concentratie gekend is en de draaiingshoek experimenteel vastgesteld is, kan met behulp van de formule  $[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{c \cdot l}$  de specifieke draaiing berekend worden.

Met behulp van tabellen kan dan de aard van de optisch actieve stof bepaald worden.

Suiker	Specifieke draaiing in ° ml g <sup>-1</sup> dm <sup>-1</sup>
(+)glucose	+ 53
(-)fructose	- 92
Lactose	+ 52
Sacharose (sucrose)	+ 67

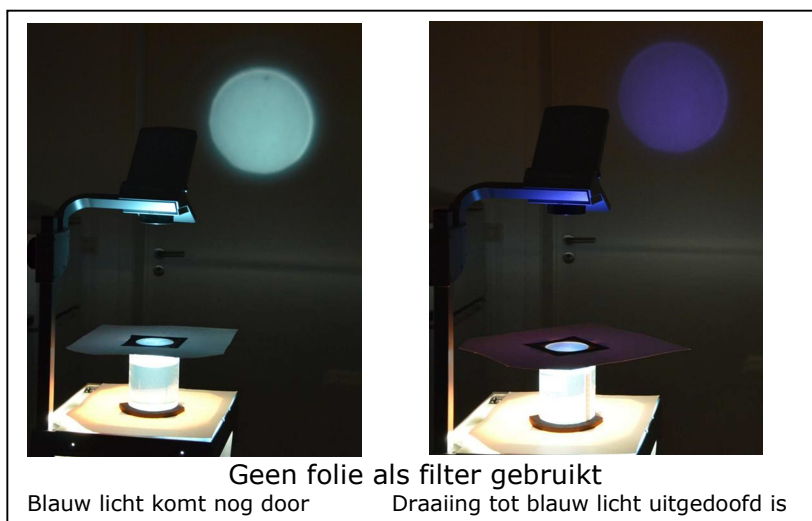


- **Onderzoeksvraag 7:** Hoe kan de invloed van de **temperatuur** bepaald worden?

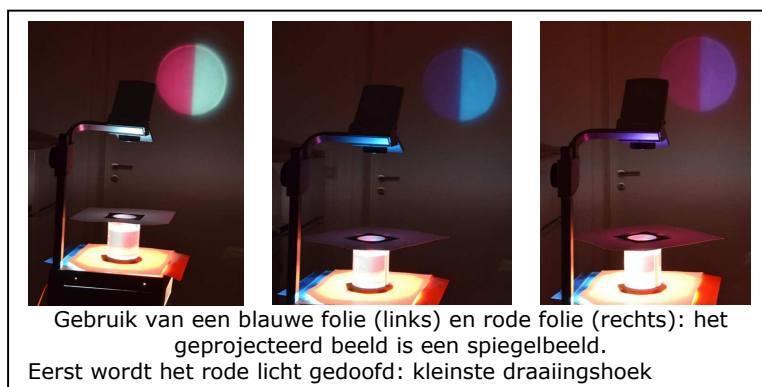
Door de draaiingshoek  $\alpha$  van een bepaalde oplossing van een optisch actieve stof te meten bij verschillende temperaturen kan de invloed van de temperatuur op de specifieke draaiing  $[\alpha]_D^{20}$ .

- **Onderzoeksvraag 8:** Hoe kan de invloed van de **golflengte van het gepolariseerd licht** nagegaan worden?

\* Zonder folie kan een optisch kleureffect bekomen worden. Wat men ziet zijn de complementaire kleuren van de uitgedoofde kleuren bij verschillende rotatiehoeken. De kortste golflengten hebben het grootste effect. Eerst wordt dus rood licht uitgedoofd en blijft men blauw licht zien. Dan wordt pas het blauwe licht met de grootste uitdovingshoek uitgedoofd, wat men dan blijft zien als resterend licht is oranje-rood.



\* De overheadplaat kan ook voor de helft bedekt worden met een rode folie en voor de andere helft met een blauwe folie. Bij draaiing blijkt eerst het geprojecteerde rode licht uit te doven en nadien, bij een grotere draaiingshoek pas het blauwe licht.



- **Onderzoeksvraag 9:** Hoe wordt de draaiingshoek veranderd bij **invertie van het sacharose** in de samenstellende monosachariden  $\alpha$ -D-glucose en  $\beta$ -D-fructose door toevoeging van voldoende geconcentreerd HCl-oplossing?

#### **Algemeen besluit:**

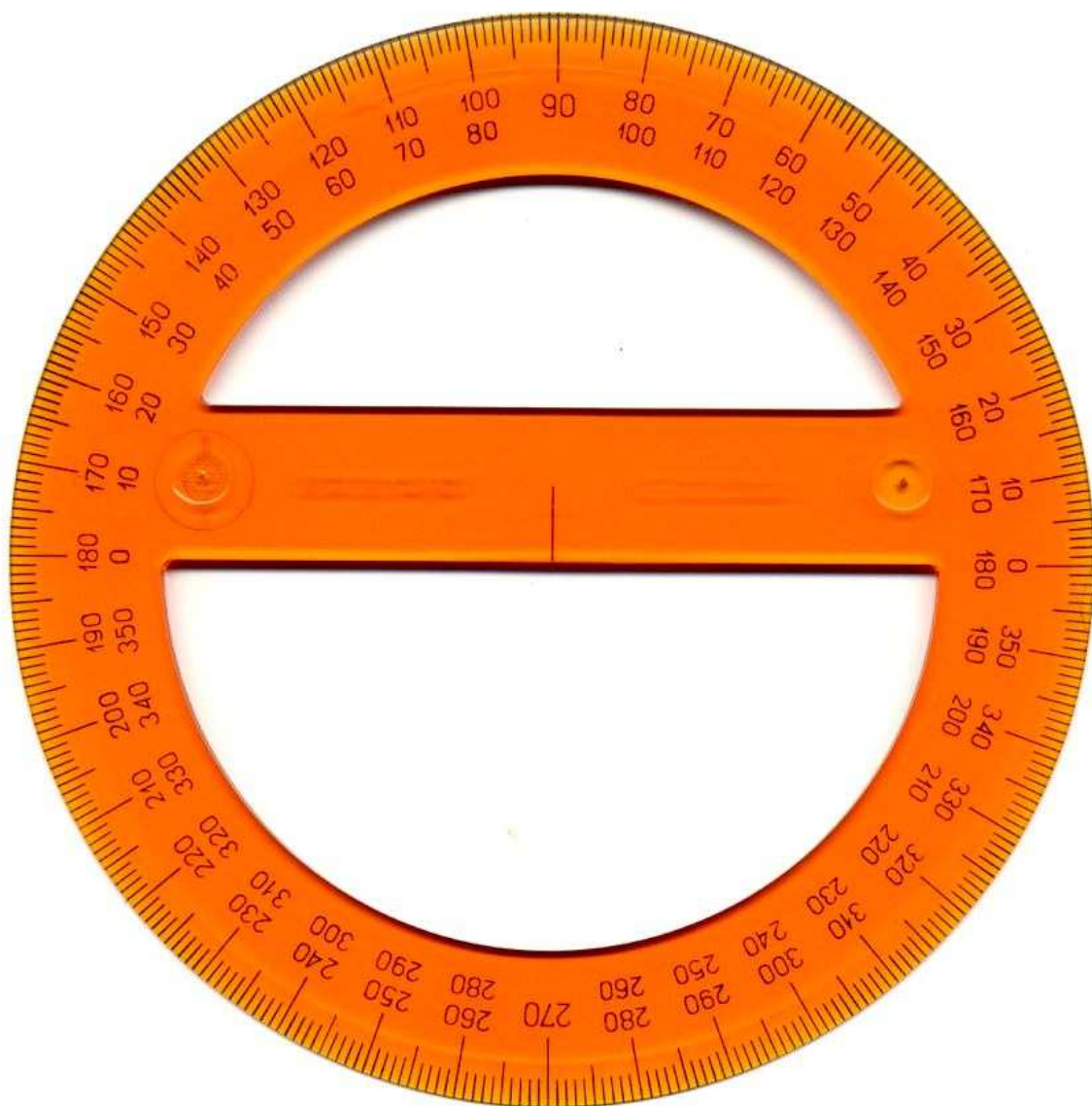
Tal van onderzoeksvragen rond optische activiteit kunnen met behulp van twee polarisatiefilters en de voorgestelde opstellingen benaderd worden op een kwalitatieve manier. Ook een kwantitatief onderzoek met behulp van de draaiingshoeken levert behoorlijke resultaten.

## 1.6 Bronnen

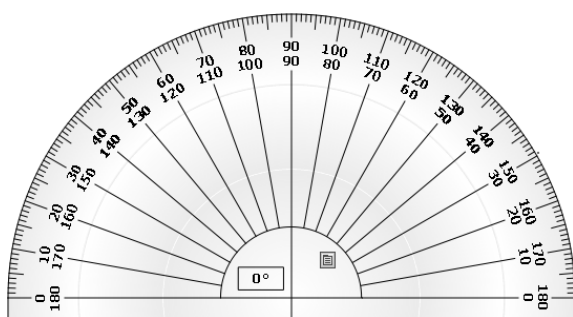
- Hill, John W. . [An overhead projection demonstration of optical activity](#). *J. Chem. Educ.*, **1973**, 50 (8), p 574. **Publication Date:** August 1973.
- Hambly, Gordon F. [Optical activity: An improved demonstration](#). *J. Chem. Educ.*, **1988**, 65 (7), p 623. **Publication Date:** July 1988.
- Fernandez, Jack E. [A simple demonstration of optical activity](#). *J. Chem. Educ.*, **1976**, 53 (8), p 508. **Publication Date:** August 1976
- Wikipedia. Specifieke rotatie. [http://nl.wikipedia.org/wiki/Specifieke\\_rotatie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Specifieke_rotatie)
- Wikipedia. Specific rotation [http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_rotation](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_rotation)
- Wikipedia. Polarimetrie <http://nl.wikipedia.org/wiki/Polarimetrie>
- Lepoivre, A. Demo: De optische activiteit van een (suiker)oplossing
- Brandt, L. et al. Chemie 2000 Maxi 5 Infoboek 3de graad. Deurne Wolters Plantyn. D/1999/0032/162
- Janssens, M.-J. et al. Cursus 3<sup>de</sup> graad "Wij en chemie – Werkgroep derde graad – Bisdommen Mechelen-Brussel en Hasselt"
- Degreef, P. Foto's en schetsen (tenzij anders vermeld)

Auteur: Paul Degreef

## 1.7 Bijlagen: Sjablonen



Gradenboog voor beker 1 liter:  
Aan de 0°- 180° in de helft doorknippen en dan langs de binnenbocht verder uitknippen



Gradenboog voor hoge beker 250 ml



meetlatje voor aflezing 'weglengte' /  
van het licht